Jb. nass. Ver. Naturkde. **132** S. 115-132 7 Abb. 2 Tab. Wiesbaden 2011

Untersuchungen von Schwarzem Glaskopf aus dem Taunus und der Lahnmulde

GÜNTER STERRMANN

Taunus, Lahnmulde, Bergbau, Manganerz, Schwarzer Glaskopf, Lithiophorit, Florencit, Analytik

Kurzfassung: Der Schwarze Glaskopf ist nach neueren Erkenntnissen sehr unterschiedlich zusammengesetzt. Er wurde als Hartmanganerz bis in die zweite Hälfte des 20. Jh. im Taunus und in der Lahnmulde bergmännisch gewonnen. Beschrieben werden Geologie, Bergbau, Verwendung und besonders die Mineralogie und Analytik des Schwarzen Glaskopfs.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Im Taunus und in der Lahnmulde kommen vielerorts Manganerze wie Schwarzer Glaskopf (Hartmanganerz) vor, die teilweise auch bergmännisch abgebaut wurden.

Es werden nachfolgend die für die Entstehung der Erze maßgebliche Geologie, der Bergbau und die Verwendung der Erze beschrieben. Schwerpunkt dieses Aufsatzes sind die Beschreibung der Mineralogie des Schwarzen Glaskopfes (Hartmanganerz) und die teilweise sehr aufwendige Analytik. Dabei wurden, durch den Autor initiiert, moderne Analysenmethoden wie AAS (Atom-Absorptions Spektralanalyse), ICP (plasmaangeregte optische Emissionsspektralanalyse), RFA (Röntgen-Fluoreszenz-Spektralanalyse) und RDA (Röntgen-Diffraktometrie-Analyse) angewendet.

2 Geologie (Taunus und Lahnmulde)

Geologisch wird der Taunus in drei Großeinheiten gegliedert: im Süden die Vordertaunus-Einheit, in der Mitte der Taunuskamm und im Norden die Hintertaunus-Einheit; daran schließt sich weiter nördlich die Lahnmulde an.

Entstanden ist der Taunus hauptsächlich aus Ablagerungen (tonige und sandige Sedimente, vulkanische Gesteine, Riffkalke) des Devons und Vordevons. In der anschließenden Karbonzeit erfolgte durch tektonische Vorgänge die variskische Ge-

birgsbildung. Dabei entstanden in Spalten durch hydrothermale Vorgänge gangförmige Buntmetallerzgänge, Ankerit/Calcit-Quarzgänge und Milchquarzgänge (KIRNBAUER 1998a).

Anschließend an die variskische Gebirgsbildung im Karbon kam es in der Perm- bis zur Tertiärzeit durch tektonische Vorgänge zur Dehnung und Hebung des Taunus; dabei entstanden viele Längs- und Querspalten, die z.T. mehrere Kilometer lang sind.

Durch hydrothermale Vorgänge entstanden große und kleinere postvariskische Pseudomorphosen- und Kappenquarzgänge, die in den letzten Jahren mehrfach beschrieben wurden (KIRNBAUER 1998b, STERRMANN 2006). Auf Spalten und Klüften dieser Gänge finden sich häufig oxidische und hydroxidische Eisen- und Manganerze wie Hämatit, Goethit (Limonit), Schwarzer Glaskopf (Hartmanganerz), die als jüngste Bildung in der Nachphase im Tertiär entstanden sind (KIRNBAUER 1998b). Dabei ist der Schwarze Glaskopf in fast allen Gängen anzutreffen: meist kugelige nierige Gebilde oder schwarze Krusten auf Kappenquarz und Gangquarz, außerdem brekzienförmig als Hartmanganerz im Quarz, teilweise im Nebengestein. Die Beschreibung und Zusammensetzung des Schwarzen Glaskopfes erfolgt weiter unten ausführlich.

Ebenfalls im Tertiär entstanden Eisenmanganerze, die im Taunus und in der Lahnmulde in etlichen kleineren und größeren Gruben abgebaut wurden.

Nach KIRNBAUER (1998c) unterscheidet man Eisenmanganerze des Typs „Lindener Mark“ mit meist höherem und Brauneisenerze des Typs „Hunsrückerze“ mit meist niedrigerem Mangangehalt. Die Eisenmanganerze des Typs „Lindener Mark“ sind an die Karstoberflächen der mittel- bis oberdevonischen Massenkalke gebunden und kommen in der Lahnmulde (Grube Schottenbach bei Gräveneck, Gießener Braunsteinbergwerke mit Grube Fernie in der Lindener Mark bei Gießen) und am Ostrand des Taunus (Gruben Ober-Rosbach und Roßbach bei Ober-Rosbach und Gruben Isidor und Vulkan bei Köppern) vor.

Die Brauneisenerze des Typs „Hunsrückerze“ treten in Anreicherungszonen in zersetzten, meist schieferigen Gesteinen des Erdaltertums auf, so zum Beispiel im Vordertaunus bei Kelkheim, Langenhain (Grube Fremdt), Bremthal (Grube Ludwig) und Wildsachsen (Grube Langenstück) oder in der Lahnmulde (Grube Rotläufchen bei Waldgirmes). Sie treten im Taunus auch häufig in den schon oben genannten Pseudomorphosen- und Kappenquarzgängen auf, so beispielsweise bei Niedernhausen-Königshofen (Gruben Carlshöhe und Ehrenfels) und Oberursel-Oberstedten (Gruben Kronprinz und Elisabethenstein).

Entstanden sind die Erze beiden Typs durch oberflächennahe hydrothermale Vorgänge, Verwitterungs- und Umwandlungsprozesse; dabei wurden die hydrothermal entstandenen Ca-Mg-Fe-Mn-Karbonate (Dolomit, Ankerit, Siderit, Rhodochrosit) in oxidische und hydroxidische Eisenmanganerze umgewandelt. Es bildeten sich die Eisenerzminerale Goethit, Lepidokrokit und Hämatit und die Manganerzminerale Kryptomelan, Romanechit, Hollandit, Coronadit, Todorokit, Pyrolusit, Manganit, Ranciéit und Lithiophorit (s. u.).

Die Erze haben sich in der Tertiärzeit entwickelt, je nach Typ und Lokalität vom Oligozän bis Miozän (vor ca. 30-10 Mio. Jahren).

3 Bergbau, Verwendung

In der Lahnmulde befand sich das größte deutsche Manganerzvorkommen in der Lindener Mark bei Gießen. Dort wurden in den Gießener Braunsteinbergwerken von 1843 bis 1967 (zuletzt im Tagebau des Betriebspunktes Grube Fernie) neben niedrig manganhaltigen Brauneisensteinen hochprozentige Manganerze (Braunstein) im Tagebau und unterirdisch in Stollen und Schächten gefördert. Der Braunstein wurde zur Gewinnung von Chlor verwendet, dieses diente zur Herstellung von Chlorkalk, der als Bleichmittel in die europäische Textilindustrie (England, Frankreich, Preußen, Sachsen) ging. Nach 1862 wurden die Eisen- und Manganerze hauptsächlich für die Stahlerzeugung genutzt. Die Förderung der Erze hielt bis zum Ende des 2. Weltkrieges auf hohem Niveau an, danach war die Förderung rückläufig; ein letzter Höhepunkt war während des „Korea-Booms" im Jahre 1952. Der unterirdische Abbau wurde 1963, der Tagebau der Grube Fernie 1967 eingestellt; der Betrieb wurde durch die Aufbereitung des noch vorhandenen Haldenmaterials bis 1976 aufrecht erhalten. Abnehmer der Manganerze war von 1952 bis 1976 die Keramikindustrie zwecks Verwendung als Farbstoff für Klinker und Dachziegel.

Als Ersatzbetrieb wurden in der Grube Schottenbach bei Gräveneck an der Lahn in einem Tagebau bis 1992 Manganerze für die Keramikindustrie abgebaut (Georg et al. 1985, Slotta 1986, Kirnbauer 2003).

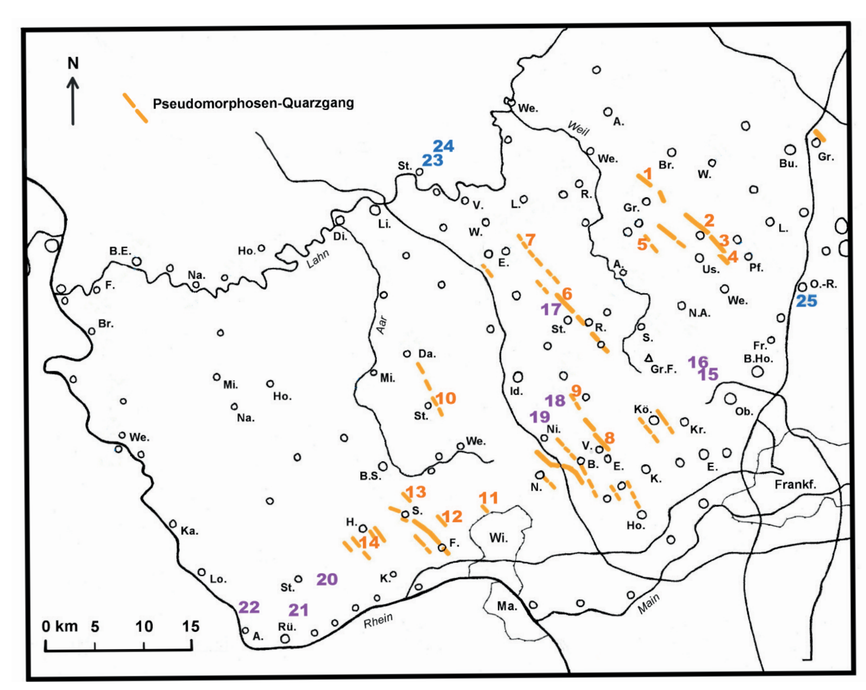
Am Taunusostrand bei Ober-Rosbach wurden neben manganhaltigen Brauneisenerzen auch Manganerze (Braunstein) abgebaut. Die erste Abbauperiode erfolgte im Zeitraum 1848 - 1891 im Nordlager der Grube Ober-Rosbach (nördlich von Ober-Rosbach gelegen) in zahlreichen Schächten. Das Manganerz wurde zur Herstellung von Chlorkalk für die Textilindustrie vorwiegend nach England verkauft. Die Grube von Ober-Rosbach war damals nach der Lindener Mark der zweitgrößte Manganerzproduzent in Deutschland.

In der zweiten Betriebsperiode von 1899 bis 1925 wurden von mehreren Betreibern in den Gruben Ober-Rosbach und Roßbach im alten Nordlager und später im neuen Südlager (südlich und südwestlich von Ober-Rosbach gelegen) Eisen- und Manganerze im Tiefbau gefördert; diese wurden zur Eisen- und Stahlherstellung an die Hütten im Ruhrgebiet und Siegerland verkauft, später an die Sophienhütte in Wetzlar (Bottke & Kirnbauer 2003).

Kleinere Gruben, in denen neben Eisenerzen auch Manganerze abgebaut wurden, waren am Taunusostrand die Gruben Adler bei Gambach, Wingertsberg bei Griedel sowie Isidor und Vulkan bei Köppern.

Im Rheingau befanden sich größere Manganerzgruben bei Johannisberg (Grube konsolidierende Schloßberg) und Assmannshausen (Grube Hörkopf), die bis um 1900 in Betrieb waren.

Im Taunus gab es zahlreiche kleinere Gruben, in denen neben Eisenerzen auch Manganerze abgebaut wurden; diese gingen jedoch meist nicht über den Versuchsbergbau hinaus. Es waren dies die Gruben Carl bei Wiesbaden-Naurod, Taunusrose und Weibertrank bei Oberseelbach, Taunuspforte bei Ehlhalten, Julius und Carlszeche bei Wambach, Glückstein bei Steinfischbach, Eichkopf bei Königstein; Abbauversuche gab es unter anderem am Lindenberg bei Oberursel, am Wormstein bei Usingen und am Rabenkopf bei Stephanshausen (Slotta 1986).



1. Quarzklippe N Grävenwiesbach
2. Quarzgang Usingen, Buchstein N Eschbach
3. Quarzgang Usingen, ehem. Steinbruch nahe Schlappmühle NE Usingen
4. Quarzgang Usingen, Wormstein E Usingen
5. Quarzvorkommen (Blöcke) am Sportplatz v. Nieder-Lauken
6. Quarzgang Reichenbach-Steinfischbach, Glückstein N Steinfischbach
7. Quarzgang Dombach-Eisenbach, ehem. Steinbruch nahe Hof Hausen
8. Quarzgang Vockenhausen, Felsklippe im Distrikt 51 NE Vockenhausen
9. Grube Taunuspforte (Halde) N Ehlhalten
10. Quarzgang (Aufschluss) E Steckenroth
11. Quarzvorkommen am Neroberg (Blöcke) N Wiesbaden
12. Quarzvorkommen (Blöcke) am Hammereisen NW Wiesbaden
13. Grube Julius (Halden) E Wambach
14. Ehem. Steinbruch am Heidekopf S Hausen v. d. Höhe
15. Grube (Mangan) (Schachthalde) an der Goldgrube NW Oberursel
16. Lindenberg-Gipfel (Gerölle) NW Oberursel
17. Pinge nahe Glückstein N Steinfischbach
18. Ehem. Steinbruch am Altehag S Heftrich (E Lenzhahn)
19. Grube Taunusrose (Halde), SW Oberseelbach
20. Grube (Mangan) am Rabenkopf (Halde) E Stephanshausen
21. Grube kons. Schloßberg (Halden) NW Johannisberg
22. Grube Hörkopf (Halden) N Assmannshausen
23. Kalksteinbruch (Nordbruch) NE Steeden/Lahn
24. Kalksteinbruch (Schneelsberg) SE Niedertiefenbach
25. Grube Roßbach (Südlager) (Halden) SW Ober-Rosbach v. d. Höhe

Abbildung 1: Lage der beschriebenen Manganerz-Fundstellen im Taunus und in der Lahnmulde.

Alle bekannten Manganerz-Fundstellen sind in Abbildung 1 kartenmäßig erfasst. Der heutige Zustand vieler ehemaliger Steinbrüche ist am Beispiel Hof Hausen bei Eisenbach dokumentiert (Abb. 2).



Abbildung 2: Ehem. Steinbruch nahe Hof Hausen bei Eisenbach (Nr. 7 in Abb. 1).

Heute dient Manganerz zur Herstellung von Vorlegierungen wie Spiegeleisen, Ferromangan zur Stahlerzeugung, außerdem als Ausgangsstoff zur Darstellung von Manganverbindungen wie Manganchlorid, Mangancarbonat, Mangansulfat, Kaliumpermanganat. Braunstein wird außerdem in der Glas- und Keramikindustrie und in der Batterieproduktion eingesetzt (Alkali-Mangan-Batterien); hier wird wegen der Reinheit vorwiegend synthetischer Braunstein verwendet. Braunstein kommt auch in zweikomponentigen Polysulfid-Dichtstoffen (zur Fensterverglasung, Isolierglas) als Härter zum Einsatz.

4 Mineralogie

4.1 Braunstein

Braunstein ist eine Sammelbezeichnung für sehr unterschiedliche oxidische Mangan-Minerale, deren Hauptbestandteil immer MnO_2 ist (Mangan ist hier vierwertig).

In den Kristallstrukturen dieser Mineralien können die Manganionen (Mn^{4+}) teilweise durch andere Kationen wie K^+, Ca^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}, Ba^{2+}, Pb^{2+} usw. ersetzt werden. Auch H_2O-Moleküle können in die Struktur eingebaut werden. Der Ladungsausgleich im Ionengitter erfolgt durch entsprechende OH^--Gruppen. Nach Klockmann (1978) und Strunz (1978) gehören die Braunstein-Minerale in die IV. Klasse (Oxide und Hydroxide); die Einzel-Komponenten sind:

a) Pyrolusit, β-MnO_2

b) Manganomelane: Kryptomelan-Psilomelan-Gruppe:

Kryptomelan, $K_{\leq 2}(Mn^{4+},Mn^{2+})_8O_{16}$

Hollandit, $Ba_{\leq 2}Mn_8O_{16}$

Coronadit, $Pb_{\leq 2}Mn_8O_{16}$
Todorokit, $(Mn^{4+},Mn^{2+})_8(O,OH)_{16}+2H_2O$
Psilomelan, $(Ba,Mn^{2+})_3(O,OH)_6Mn_8O_{16}$
außerdem Manjiroit (Na-haltig), Woodruffit (Zn-haltig)

c) Ramsdellit, γMnO_2
Nsutit, $\gamma(Mn^{4+},Mn^{2+})(O,OH)_2$
außerdem Birnessit (Ca, Na- u. K-haltig), Ranciéit (Ca-haltig)

Im Bergbau unterscheidet man von alters her Hartmanganerze von Weichmanganerzen. Der Begriff „Weichmanganerz“ ist heute nicht mehr gebräuchlich, da Weichmanganerze sehr unterschiedliche Minerale wie Pyrolusit, Manganit oder Todorokit beinhalten können; diese werden in dieser Abhandlung nicht näher untersucht bzw. beschrieben. Auch die veraltete Bezeichnung „Wad“ für pulverige, weiche, nicht näher definierte Minerale fällt darunter.

Der Begriff „Hartmanganerz“ ist jedoch noch anwendbar für harte, dichte, glaskopfartige Manganerze; diese werden anschließend in Bezug auf ihre chemische und mineralogische Zusammensetzung ausführlich beschrieben.

Hartmanganerze kommen derb, dicht oder brekziös (Verwachsungen mit Quarz, Nebengestein) vor, daneben aber auch als Schwarzer Glaskopf, der in kugeliger, nieriger oder stalaktitischer Form, meist mit konzentrisch-schaligem Aufbau, auftritt. Die Farbe ist bläulich-schwarz, grau-schwarz bis schwarz; die Strichfarbe braun-schwarz bis schwarz (Abb. 3 u. 4).



Abbildung 3: Schwarzer Glaskopf (b = 8 cm), Steinbruch am Altehag S Heftrich (Nr. 18 in Abb. 1).



Abbildung 4: Schwarzer Glaskopf auf Quarz-xx (b = 6,5 cm), Quarzklippe N Grävenwiesbach (Nr. 1 in Abb. 1).

Vom 19. bis zur Mitte des 20. Jh. wurde der Schwarze Glaskopf (Hartmanganerz) als Psilomelan (griech. *psilos*, kahl; *melas*, schwarz) bezeichnet (WENCKENBACH 1879, GREIM 1894, HUNDT 1933), ohne zu wissen, dass sich darunter unterschiedliche Minerale verbergen. Erst als genauere Untersuchungen mit Hilfe chemischer und röntgenographischer Analysenmethoden möglich waren, konnten die einzelnen Mineralkomponenten beschrieben werden. BETECHTIN (1968) führte unter dem Sammelnamen „Psilomelan“ folgende Mineralarten auf: Kryptomelan, Hollandit, Coronadit, (eigentlicher) Psilomelan (Ba-haltig), Woodruffit, Birnessit u. a.

Nach KLOCKMANN (1978) und STRUNZ (1978) wurde dann der Sammelname „Manganomelan“ für den Sammelnamen „Psilomelan“ eingeführt, um Verwechselungen mit dem bariumhaltigen Psilomelan als Einzelmineral auszuschließen.

Später wurde im Jahre 1982 durch die IMA (International Mineralogical Association, Commission on New Minerals und Mineral Names) der Mineralnamen „Psilomelan“ durch den Namen „Romanechit“ mit der Formel $(Ba,Mn^{2+})_3(O,OH)_6Mn_8O_{16}$

ersetzt; Psilomelan wiederum ersetzt als Sammelname den Sammelnamen „Manganomelan" (WEINER & HOCHLEITNER 1989). Nach STRUNZ & NICKEL (2001) jedoch sind beide Sammelnamen „Manganomelan(e)" für Manganoxide oder -hydroxide und „Psilomelan(e)" für Manganoxide anwendbar (Alphabetic index of Mineral Names).

In verschiedenen Veröffentlichungen wurde der Name „Manganomelan" weiter verwendet, so von BRANNATH (1989), KIRNBAUER (1998b), BRANNATH & SMYKATZ-KLOSS (1992), KIRNBAUER (2003) und STERRMANN (2006).

4.2 Lithiophorit

Ein eigenständiges mineralogisch nicht zur Braunstein-Gruppe gehörendes Mangan-Mineral ist der Lithiophorit, der schon 1870 von FRENZEL beschrieben wurde. Es handelt sich dabei um ein Al- und Li-haltiges Mineral. Klassische Fundorte waren Spitzleite bei Schneeberg in Sachsen und die Farm Glouchester bei Postmasburg in Süd-Afrika.

Nach KLOCKMANN (1978) gehört der Lithiophorit zu den Hydroxiden und Hydraten innerhalb der IV. Klasse (Oxide und Hydroxide) mit der allgemeinen Formel $(Al,Li)(OH)_2MnO_2$. In neuerer Literatur wird die Formel in Bezug auf die Wertigkeiten des Mangans unterschiedlich angegeben (s. u.).

Der Lithiophorit war im Taunus und Lahngebiet im 19. bis fast zum Ende des 20. Jh. offensichtlich unbekannt. Eine erste Beschreibung erfolgte erst 1989 von BRANNATH in ihrer Diplomarbeit über mineralogische Untersuchungen an Mangan- und Eisenerzvorkommen im Raum Gießen und in der nachfolgenden Veröffentlichung (BRANNATH & SMYKATZ-KLOSS 1992). Sie beschrieb darin den Lithiophorit in einigen untersuchten Erzproben als Mineral mit gelartigen Strukturen und blumenkohlähnlichem Aussehen.

JAKOBUS (1993) erläuterte den Lithiophorit in seiner Dissertation über die postvaristischen Quarz- und Buntmetallerz-Gänge des Osttaunus mehrfach, so z. B. von den Quarzgängen von Griedel und Usingen.

1996 beschrieb der Mineraliensammler Gerhard MÖHN aus Niedernhausen glaskopf- und brekzienförmigen Lithiophorit aus einem alten Quarzitsteinbruch bei Lenzhahn im Taunus (MÖHN & WEISS 1996). Ein weiteres Vorkommen von Lithiophorit aus dem Usinger Quarzgang wurde vom Sammler Hans KURZ aus Karben untersucht (1999).

Eigene Untersuchungen ergaben, dass der Lithiophorit an etlichen Lokalitäten im Taunus vorkommt, meist als Hauptbestandteil des Schwarzen Glaskopfes oder als Hartmanganerz (s. u.).

Außerhalb des Taunus ist der Lithiophorit auch im Spessart aus verschiedenen Fundstellen bekannt und wurde insbesondere von dem Spessart-Mineraliensammler Joachim LORENZ aus Karlstein/Main schon mehrfach untersucht und beschrieben (2010).

Bezüglich der Formel des Lithiophorits gibt es unterschiedliche Angaben. Nachdem in der älteren Literatur die allgemeine Formel $(Al,Li)(OH)_2MnO_2$ verwendet wurde (zuletzt von BRANNATH & SMYKATZ-KLOSS 1992), ergab eine genauere Untersuchung der Struktur und des Chemismus die neue Formel $Li_6Al_{14}Mn_3^{2+}Mn_{18}^{4+}O_{42}(OH)_{42}$, wobei ein Anteil des Mangans zweiwertig ist (Ladungsausgleich der Ionen im Gitter; Kurznotiz in Lapis 3/95). Diese Formel wird nachfolgend in verschiedenen Veröf-

fentlichungen verwendet, so vom Mineralienatlas-Lexikon im Internet und von PERROUD in der Athena Mineralogy Data Base (2009).

POST & APPLEMAN (1994) bringen in ihrer Veröffentlichung über die Kristallstrukturverfeinerung von Lithiophorit zum Ausdruck, dass eine Unsicherheit bei der Wertigkeit des Mangans vorhanden ist: wahrscheinlicher ist, dass das Mangan anstatt zweiwertig dreiwertig ist. Einige Autoren, so STRUNZ & NICKEL (2001), geben deshalb folgende Formel an: $(Al,Li)(Mn^{4+},Mn^{3+})O_2(OH)_2$.

ANTHONY et al. (2001-2005) geben, basierend auf einer genaueren chemischen Analyse von Lithiophorit-Kristallen von der Gloucester Farm, Postmasburg, Süd-Afrika, folgende Formel an: $(Al_{0,69}Li_{0,32})(Mn^{4+}{}_{0,66}Mn^{3+}{}_{0,34})O_2(OH)_2$; dies entspricht umgerechnet $Li_7Al_{14}Mn^{4+}{}_{14}Mn^{3+}{}_7O_{42}(OH)_{42}$.

POST & APPLEMAN (1994) beschreiben außerdem, dass in der Kristallstruktur des Lithophorits Elemente wie Co, Cu und Ni durch Substitution eingebaut werden können. Dies konnte an Proben von verschiedenen Fundorten nachgewiesen werden; so enthält eine Probe vom historischen Fundpunkt Spitzleite bei Schneeberg in Sachsen relativ hohe Gehalte an Co, Cu und Ni sowie eine Lithiophorit-Probe aus dem Steinbruch bei Hemsbach im Spessart ebenfalls relativ hohe Gehalte an Co (0,68 %), Cu (2,29 %) und Ni (0,87 %) (LORENZ 2010). Auch eigene Untersuchungen von Lithiophoriten aus dem Taunus ergaben teilweise ähnlich hohe Werte (s. u.).

5 Analytik

5.1 Methodik

Im Rahmen der Lehrlingsausbildung im analytischen Labor der Metallgesellschaft/Chemetall in Frankfurt am Main wurden unter Anleitung des Autors im Zeitraum 1982-2000 mehrere Proben von Schwarzem Glaskopf bzw. Hartmanganerz auf ihre chemische Zusammensetzung untersucht.

Veranlassung dazu waren Serienuntersuchungen von Manganknollen aus der Tiefsee (südöstlich von Hawaii aus ca. 5000 m Tiefe), die im Zeitraum 1970-1982 im Analytischen Labor der Metallgesellschaft durchgeführt wurden. Dabei wurden neben den Hauptkomponenten Mn und Fe auch wirtschaftlich interessante Elemente wie Ni, Cu und Co bestimmt.

Durch chemische Analysen sollte nachgewiesen werden, dass auch der Schwarze Glaskopf aus dem Taunus Ni-, Cu- und Co-haltig ist (Hinweise in älterer Literatur, z. B. HUNDT 1938). Mittels AAS (Flammen-AAS-Gerät SP9 von Philips-Pye Unicam) wurden folgende Elemente bestimmt: Mn, Fe, Co, Cu, Ni, K; die zu untersuchenden Proben stammten aus dem Usinger Raum (Usingen, Grävenwiesbach, Nieder-Lauken). Nach 1991, nachdem der Lithiophorit im Taunus und in der Lahnmulde bekannt geworden war (s. o.), wurden mittels ICP (Spectroflame-ICP Modell P von Spectro/Kleve) sämtliche Proben auf folgende Elemente analysiert: Mn, Al, Li, Cu, Co, Ni, Ba, K, Fe, Zn, Ca, Na, Pb und teilweise Ce und P.

Zur Durchführung der Analysen wurden die luftgetrockneten Proben analysenfein aufgemahlen (ergab jeweils 1-50 g homogenes Material). Nach Säureaufschluss von 0,2-0,3 g Probenmaterial mit Salzsäure/Salpetersäure/Flusssäure/Perchlorsäure (Abrauchen bis fast zur Trockene, Aufnahme mit Salzsäure/Wasser-

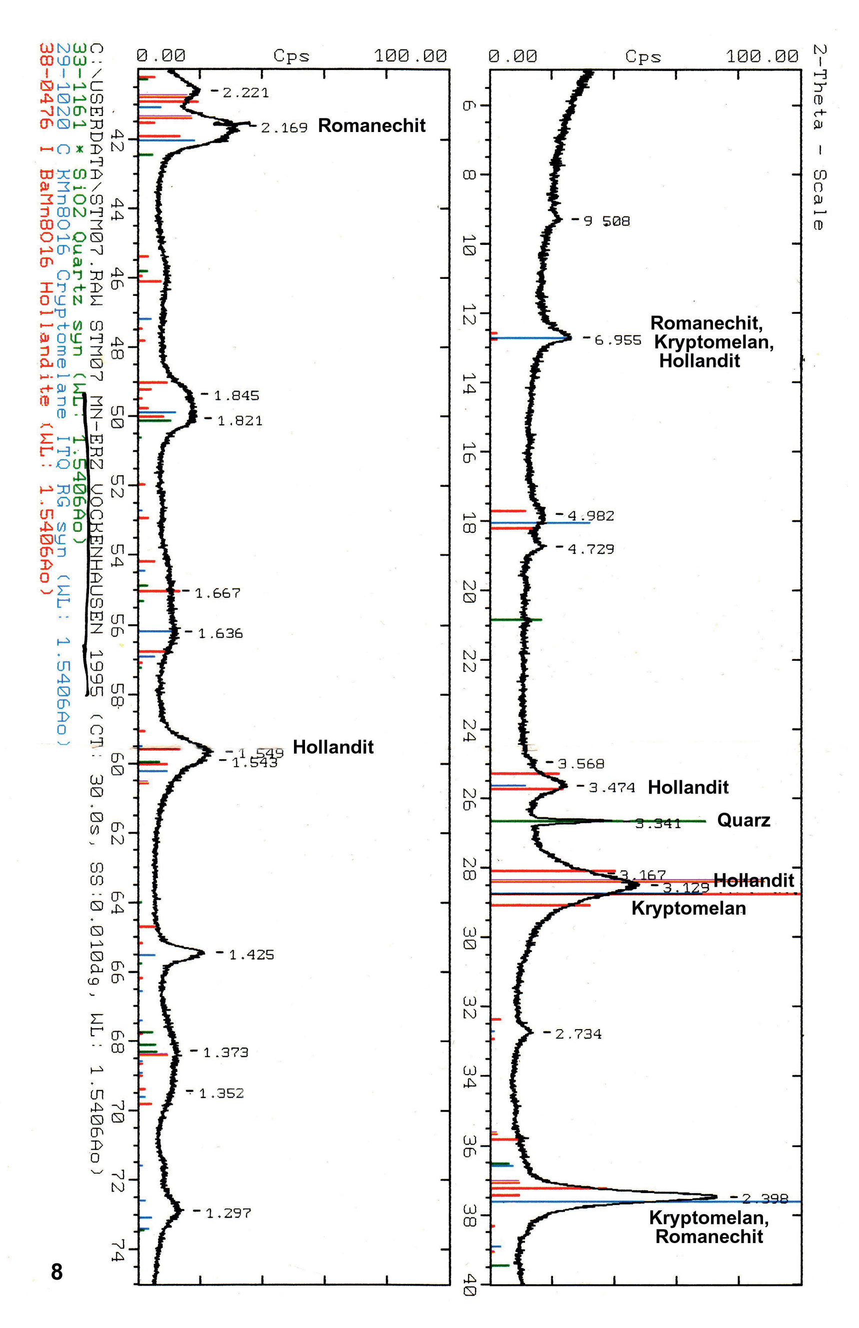


Abbildung 5: Röntgendiffraktogramm von Hartmanganerz, Felsklippe NE Vockenhausen (Nr. 8 in Abb. 1).

stoffperoxid) erfolgte die Bestimmung der oben genannten Elemente mittels AAS oder ICP.

Zusätzlich wurden mittels RFA (Geräte: PW1410, PW1480, PW2400 von Philips, Programme: Semiquant, Uniquant, modifiziert) alle Proben auf SiO_2 analysiert.

Die Ergebnisse der Analysen sind in Tabelle 1a und 1b zusammengestellt. Die Werte der einzelnen Elemente wurden in die entsprechenden Oxide umgerechnet; zu beachten ist, dass das Mangan als MnO_2 (Mn vierwertig) gerechnet wurde, obwohl ein kleinerer Anteil des Mangans zwei- oder dreiwertig ist. Auf die sehr aufwändige Bestimmung des vierwertigen Mangans (titrimetrisch) wurde verzichtet, ebenso auf die Bestimmung des Wassers (H_2O) bzw. der Hydroxid-Gruppen (OH).

Später wurden zusätzlich sechs Proben röntgendiffraktometrisch untersucht (Gerät: Diffraktometer D500 von Siemens), die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Anzumerken ist, dass die Manganomelane (Kryptomelan, Hollandit, Romanechit) in der Struktur sehr ähnlich und röntgendiffraktometrisch schwer auswertbar sind, außerdem kommt anteilmäßig noch röntgen-indifferentes „Mangano-Gel“ (ca. MnO_2) hinzu, was zur Verbreiterung der Peaks führt (Abb. 5).

5.2 Auswertung, Ergebnisse und Ausblick

Analysiert wurden Proben von Schwarzem Glaskopf und Hartmanganerz aus dem Taunus und der Lahnmulde (s. Abb. 1) von unterschiedlichen Lagerstätten-Typen. Die Proben 1-14 stammten dabei von Klippen, Felsblöcken, Geröllen und Halden im Zusammenhang mit den postvariskischen Pseudomorphosen-Quarzgängen, die Proben 15-22 von Felsklippen, Geröllen und Halden von den variskischen Quarzit-, Milchquarz- und Schiefervorkommen des Unterdevons (größtenteils von ehemaligen Bergwerken) und die Proben 23-25 von den Eisen-Manganerzlagerstätten vom Typ „Lindener Mark“, die an die mittel- und oberdevonischen Riffkalke gebunden sind.

Die chemischen Analysen (Tab. 1a und 1b) stimmen mit den röntgendiffraktometrischen Analysen (Tab. 2) hinreichend überein. Bei den Proben 1-7 und 9-14 ist jeweils das Manganmineral Lithiophorit der Hauptbestandteil; Nebenbestandteile sind (neben Quarz und Goethit) teilweise die Manganminerale Kryptomelan (K-haltig), Hollandit (Ba-haltig), Romanechit (Ba-haltig) und röntgen-indifferentes „Mangano-Gel“. Eine Ausnahme bildet die Probe 8 (Hartmanganerz vom Vockenhausener Quarzgang), hier ist die Hauptkomponente offensichtlich Hollandit.

Die Proben 15-22 sind in Bezug auf die Manganminerale unterschiedlich zusammengesetzt: teilweise ist Lithiophorit Hauptbestandteil (Proben 18 u. 19), teilweise Kryptomelan (Proben 15, 16, 17, 20, 22) oder Hollandit/Romanechit (Probe 21). Nebenbestandteile sind teilweise Lithiophorit, Kryptomelan, Hollandit oder Romanechit, außerdem wieder „Mangano-Gel“. Bei den Proben 23 und 24 (Hartmanganerz-Knollen aus den Kalksteinbrüchen bei Steeden) ist Kryptomelan der Hauptbestandteil und „Mangano-Gel“ Nebenbestandteil. Die Probe 25 (Hartmanganerz von der Grube Roßbach/Südlager), die rötgendiffraktometrisch nicht untersucht wurde, beinhaltet neben Kryptomelan vermutlich auch Pyrolusit.

Tabelle 1a: Analysen von Schwarzem Glaskopf (Hartmanganerz)

	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9	10a	10b	11	12
% MnO_2	55,7	56,2	56,6	59,3	50,9	44,0	59,8	50,6	72,8	55,5	56,5	48,7	58,9	52,8
% Al_2O_3	20,4	21,2	13,0	16,0	19,7	25,7	17,0	24,0	2,45	20,4	22,1	19,3	21,2	22,3
% Li_2O	0,82	0,86	n. b.	0,67	1,46	1,40	1,18	1,40	0,03	0,65	1,50	1,33	1,33	1,68
% CuO	2,30	3,2	1,80	2,00	1,69	1,29	1,63	1,21	1,95	1,35	0,58	1,06	3,4	2,90
% CoO	2,10	1,21	1,95	3,55	1,84	1,50	0,99	1,10	1,37	0,45	3,05	0,67	0,38	0,94
% NiO	0,69	0,62	0,77	0,34	1,15	1,59	1,33	1,30	0,03	0,52	1,10	1,13	1,36	0,74
% BaO	0,65	0,37	n. b.	2,70	0,49	0,17	2,55	0,28	12,3	0,11	0,10	0,20	0,41	0,15
% K_2O	0,06	0,05	1,20	0,30	0,19	0,04	0,30	0,11	0,71	0,05	0,04	0,05	0,22	0,02
% Fe_2O_3	0,47	3,6	7,6	0,44	3,0	0,24	2,02	0,17	0,65	4,6	0,16	1,22	0,20	0,10
% ZnO	0,11	0,14	0,15	0,05	0,24	0,23	0,22	0,15	0,40	0,32	0,31	0,27	0,55	0,22
% CaO	n. b.	0,02	0,11	0,10	0,04	0,07	0,08	0,04	0,11	0,06	0,03	0,04	0,04	0,04
% Na_2O	n. b.	0,01	n. b.	0,05	0,04	0,02	0,07	0,04	0,03	0,08	0,04	0,05	0,04	0,02
% PbO	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	≤0,1	<0,1	<0,1	<0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1	0,15	0,1	0,1
% P_2O_5	n. b.	0,1	n. b.	0,1	n. b.	n. b.	0,45	0,15	0,8	0,3	0,2	0,3	n. b.	0,2
% Ce_2O_3	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,22	0,45	0,29	n. b.	n. b.
% SiO_2	n. b.	0,5	n. b.	1,5	7,0	7,0	0,9	7,8	2,2	0,7	0,9	15,0	0,7	3,9

n. b. = nicht bestimmt

1. Quarzklippe N Grävenwiesbach
   a Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 10 g Analysenmaterial
   b Schwarzer Glaskopf, ein zelliges Stück, ca. 13 g Analysenmaterial
2. Quarzgang Usingen, Buchstein N Eschbach
   Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 10 g Analysenmaterial
3. Quarzgang Usingen, ehem. Steinbruch nahe Schlappmühle NE Usingen
   Schwarzer Glaskopf, ein großes Stück, ca. 30 g Analysenmaterial
4. Quarzgang Usingen, Wormstein E Usingen
   Schwarzer Glaskopf, mehrere kleine Stücke, ca. 5 g Analysenmaterial
5. Quarzvorkommen (Blöcke) am Sportplatz v. Nieder-Lauken
   Schwarzer Glaskopf, mehrere kleine Stücke, ca. 5 g Analysenmaterial
6. Quarzgang Reichenbach-Steinfischbach, Glückstein N Steinfischbach
   Hartmanganerz, mehrere Stücke, ca. 43 g Analysenmaterial
7. Quarzgang Dombach-Eisenbach, ehem. Steinbruch nahe Hof Hausen
   Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 15 g Analysenmaterial
8. Quarzgang Vockenhausen, Felsklippe im Distrikt 51 NE Vockenhausen
   Hartmanganerz, ca. 5 g Analysenmaterial
9. Grube Taunuspforte (Halde) N Ehlhalten
   Schwarzer Glaskopf (krust.), mehrere Stücke, ca. 25 g Analysenmaterial
10. Quarzgang (Aufschluss) E Steckenroth
    a Schwarzer Glaskopf, ein Stück, ca. 12 g Analysenmaterial
    b Hartmanganerz, ein Stück, ca. 7 g Analysenmaterial
11. Quarzvorkommen am Neroberg (Blöcke) N Wiesbaden
    Hartmanganerz (Krusten auf Quarz), ca. 2 g Analysenmaterial
12. Quarzvorkommen (Blöcke) am Hammereisen NW Wiesbaden
    Hartmanganerz, ein Stück, ca. 4 g Analysenmaterial

Tabelle 1b: Analysen von Schwarzem Glaskopf (Hartmanganerz) - Fortsetzung

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
% MnO_2	59,3	59,5	75,6	68,2	83,0	62,5	55,9	76,6	69,3	78,3	66,9	53,6	83,8
% Al_2O_3	7,9	15,5	2,65	0,62	1,83	12,5	10,4	7,0	6,8	6,0	6,3	7,8	1,90
% Li_2O	0,32	0,62	0,07	<0,05	0,11	0,58	0,45	0,48	0,56	≤0,05	≤0,05	≤0,05	<0,05
% CuO	0,46	1,43	≤0,02	0,04	0,40	0,19	0,20	0,05	0,05	0,06	≤0,02	0,05	0,20
% CoO	0,13	1,02	0,14	0,11	0,12	0,33	0,48	0,27	0,25	0,15	0,16	0,11	0,16
% NiO	0,13	0,52	0,06	0,02	0,25	0,43	0,38	0,95	0,33	0,05	0,19	0,47	0,04
% BaO	2,90	0,66	0,20	0,17	3,7	3,75	2,90	2,15	7,4	0,61	0,22	0,17	0,02
% K_2O	1,60	1,18	3,7	2,60	2,65	0,60	1,15	2,45	0,96	2,80	3,0	3,0	1,57
% Fe_2O_3	6,2	0,63	0,39	11,2	0,65	4,8	0,60	3,8	2,22	1,80	5,1	3,4	5,3
% ZnO	0,20	0,21	0,08	0,03	0,22	0,19	0,14	0,20	0,19	0,15	0,25	0,78	0,24
% CaO	0,13	0,07	0,10	0,12	0,25	0,06	0,04	0,06	0,15	0,22	1,32	6,6	0,22
% Na_2O	0,16	0,09	0,29	0,20	0,32	0,04	0,06	0,23	0,05	0,20	0,27	0,13	0,20
% PbO	0,48	≤0,1	<0,1	<0,1	≤0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
% P_2O_5	n. b.	0,3	n. b.	n. b.	0,7	0,6	0,55	0,35	0,35	n. b.	0,3	4,4	0,15
% SiO_2	10,5	7,0	11,5	11,0	3,5	1,5	12,5	1,5	5,1	6,7	10,0	11,0	2,5

n. b. = nicht bestimmt

13. Grube Julius (Halden) E Wambach
    Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 9 g Analysenmaterial
14. Ehem. Steinbruch am Heidekopf S Hausen v. d. Höhe
    Schwarzer Glaskopf, zwei kleine Stücke, ca. 4 g Analysenmaterial
15. Grube (Mangan) (Schachthalde) an der Goldgrube NW Oberursel
    Schwarzer Glaskopf, ein Stück, ca. 1 g Analysenmaterial
16. Lindenberg-Gipfel (Gerölle) NW Oberursel
    Hartmanganerz, mehrere Stücke
17. Pinge nahe Glückstein N Steinfischbach
    Hartmanganerz, mehrere Stücke, ca. 19 g Analysenmaterial
18. Ehem. Steinbruch am Altehag S Heftrich (E Lenzhahn)
    Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 10 g Analysenmaterial
19. Grube Taunusrose (Halde), SW Oberseelbach
    Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 26 g Analysenmaterial
20. Grube (Mangan) am Rabenkopf (Halde) E Stephanshausen
    Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 11 g Analysenmaterial
21. Grube kons. Schloßberg (Halden) NW Johannisberg
    Hartmanganerz, mehrere Stücke, ca. 50 g Analysenmaterial
22. Grube Hörkopf (Halden) N Assmannshausen
    Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 9 g Analysenmaterial
23. Kalksteinbruch (Nordbruch) NE Steeden/Lahn
    Hartmanganerz (mehrere Knollen), ca. 43 g Analysenmaterial
24. Kalksteinbruch (Schneelsberg) SE Niedertiefenbach
    Hartmanganerz (eine kleine Knolle), ca. 4 g Analysenmaterial
25. Grube Roßbach (Südlager) (Halden) SW Ober-Rosbach v. d. Höhe
    Hartmanganerz, ca. 15 g Analysenmaterial

Tabelle 2: Analysen mittels Röntgendiffraktometrie (RDA)

	1b	8	16	17	19	22
Lithiophorit	XX			X	XX	
Hollandit		XX		X		
Kryptomelan		X	XX	XX	X	XX
Romanechit		X		X	X	
„Manganogel“ *		X	X	X		X
Quarz		X	X	X	XX	X

* „Manganogel“: röntgen-amorphes MnO_2
XX: Hauptbestandteil
X: Nebenbestandteil

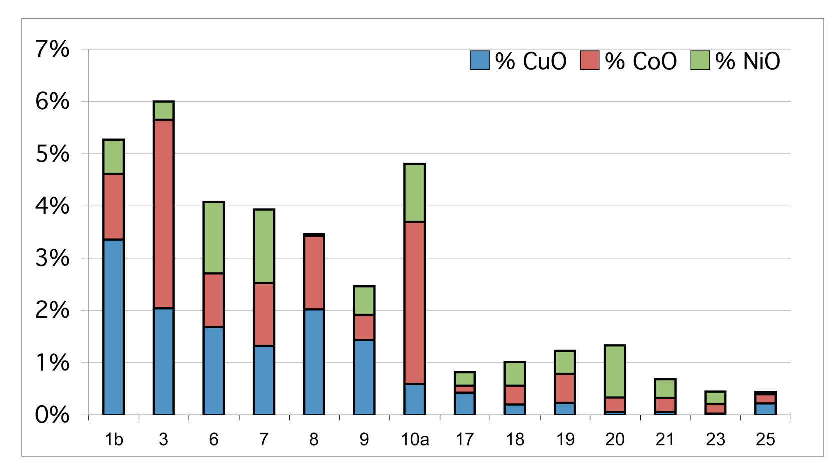
1b. Quarzklippe N Grävenwiesbach
Schwarzer Glaskopf, ein zelliges Stück, ca. 13 g Analysenmaterial
8. Quarzgang Vockenhausen, Felsklippe im Distrikt 51 NE Vockenhausen
Hartmanganerz, ca. 5 g Analysenmaterial
16. Lindenberg-Gipfel (Gerölle) NW Oberursel
Hartmanganerz, mehrere Stücke
17. Pinge nahe Glückstein N Steinfischbach
Hartmanganerz, mehrere Stücke, ca. 19 g Analysenmaterial
19. Grube Taunusrose (Halde, SW Oberseelbach
Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 26 g Analysenmaterial
22. Grube Hörkopf (Halden) N Assmannshausen
Schwarzer Glaskopf, mehrere Stücke, ca. 9 g Analysenmaterial

Auffällig ist, dass bei den analysierten Lithiophoriten das Verhältnis von Lithium zu Aluminium 1:4 bis 1:7 beträgt; formelgemäß soll es je nach Strukturformel (s. o.) 1:2 oder 1:2,3 betragen. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass die analysierten Proben durchwegs von oberflächennahen Aufschlüssen stammten (Schwarze Glasköpfe als Schichten, Krusten und Beläge auf Felsen und Geröllen, Hartmanganerze oberflächennah aus Halden und Pingen); durch sauren Regen, Humussäuren u. ä. könnte sich im Laufe der Zeit das leichter lösliche Lithium (Alkalielement) im Gegensatz zum schwer löslichen Aluminium teilweise herausgelöst haben.

Die gleiche Vermutung besteht auch im Hinblick auf das leichter lösliche Kalium (Alkalielement) im Kryptomelan, nach der Strukturformel beträgt der K_2O-Gehalt max. 12 %, in den analysierten Proben max. 3,7 %.

Mit Hilfe der chemischen Analysen konnte auch nachgewiesen werden, dass die Proben teilweise relativ hohe Gehalte an CuO, CoO und NiO aufweisen, vergleichbar mit den Manganknollen aus der Tiefsee. Die Gehalte von CuO, CoO und NiO (als Summe) von 14 Proben sind in Form von Säulendiagrammen dargestellt (Abb. 6); zum besseren Vergleich sind die Nebenbestandteile SiO_2, Fe_2O_3, CaO vorher heraus gerechnet worden.

Auffällig ist, dass die Proben von den Pseudomorphosen-Quarzgängen höhere Gehalte aufweisen ($\sum$ CuO, CoO, NiO max. 6,0 %) als die Proben der übrigen Lagerstätten-Typen ($\sum$ CuO, CoO, NiO max. 1,33 %). Dabei sind die Elemente Cu, Co und Ni meist im Kristallgitter des Lithiophorits eingebaut (Post & Appleman 1994, s. o.); eine Ausnahme stellt die Probe 8 (Hartmanganerz vom Vockenhausener Quarzgang) dar, hier sind sie offensichtlich an Hollandit (Hauptkomponente) gebunden.



1b: Quarzklippe N Grävenwiesbach
3: Quarzgang Usingen, ehem. Steinbruch nahe Schlappmühle NE Usingen
6: Quarzgang Reichenbach-Steinfischbach, Glückstein N Steinfischbach
7: Quarzgang Dombach-Eisenbach, ehem. Steinbruch nahe Hof Hausen
8: Quarzgang Vockenhausen, Felsklippe im Distrikt 51 NE Vockenhausen
9: Grube Taunuspforte (Halde) N Ehlhalten
10a: Quarzgang (Aufschluss) E Steckenroth
17: Pinge nahe Glückstein N Steinfischbach
18: Ehem. Steinbruch am Altehag S Heftrich, E Lenzhahn
19: Grube Taunusrose (Halde), SW Oberseelbach
20: Grube (Mangan) am Rabenkopf (Halde) E Stephanshausen
21: Grube cons. Schloßberg (Halden) NW Johannisberg
23: Kalksteinbruch (Nordbruch) NE Steeden/Lahn
25: Grube Roßbach (Südlager) (Halden) SW Ober-Rosbach v. d. Höhe

Abbildung 6: Säulendiagramme der Gehalte von CuO, CoO und NiO.

In drei Proben (9: Grube Taunuspforte, 10a u. 10b: Steckenrother Quarzgang) wurden mittels ICP auffällige Gehalte von Ce (0,22-0,45 % Ce_2O_3) festgestellt, ohne deren Herkunft zu kennen. 1996 beschrieben MÖHN & WEISS neben Lithiophorit (s. o.) auch das Seltene Erden-Phosphat Florencit-(Ce) aus dem Quarzitsteinbruch bei Lenzhahn; es bildet dort ockerfarbene sinterartige harte Krusten auf Lithiophorit und Quarzit. Wenig später gemachte Eigenfunde von ockerfarbenen Krusten auf Schwarzem Glaskopf und Quarzit (Abb. 7) wurden mittels ICP und RFA analysiert, eine Durchschnittsprobe ergab dabei folgende Werte:
29,9 % Al_2O_3, 18,9 % P_2O_5, 7,2 % Ce_2O_3, 4,3 %La_2O_3, 3,5 % Nd_2O_3, außerdem 2,1 % BaO, 0,7 % CaO, 0,7 % SrO, 4,5 % Fe_2O_3 und 8,0 % SiO_2 (Rest zu 100 %: ca. H_2O); resultierende Real-Formel: $(Ce_{0,5}La_{0,3}Nd_{0,2})Al_3[(PO_4)_2(OH)_6]$. Es handelt sich um Florencit-(Ce,La,Nd), der als jüngste niedrigthermale Bildung entstanden ist. Die Seltenen Erden stammten vermutlich aus Verwitterungsprodukten in der Tiefe und gelangten durch zirkulierende Wässer an die Oberfläche.

Bei den auffälligen Ce-Gehalten in den Proben 9, 10a und 10b könnte es sich ebenfalls um Florencit-(Ce) handeln, der im Schwarzen Glaskopf bzw. Hartmanganerz eingewachsen ist (mit dem Auge nicht sichtbar).



Abbildung 7: Florencit auf Schwarzem Glaskopf (b = 8 cm), Steinbruch am Altehag S Heftrich (Nr. 18).

Anmerkung zu Seltenen Erden:
Als Seltene Erden bezeichnet man die Elemente im Periodensystem mit den Ordnungszahlen 57-71, außerdem die Elemente Scandium (Sc, 21) und Yttrium (Y, 39). Zu den Seltenen Erden gehören Cer (Ce), Lanthan (La) und Neodym (Nd). Da die Seltenen Erden in ihren chemischen Eigenschaften sehr ähnlich sind, kommen sie in der Natur gemeinsam vor, jedoch meist nur in kleineren Konzentrationen.

Die Verwendung der Seltenen Erden ist vielseitig, so werden Cer und Lanthan als Mischmetall für Legierungen verwendet, Neodym zur Herstellung von starken Magneten (für Computer-Festplatten, Gleichstrommotoren u. a.), Lanthanoxid und Neodymoxid in der Glasindustrie (für hochbrechende Linsen, Glasfärbemittel).

Die oben beschriebenen Mineralien (Erze) wie Schwarzer Glaskopf/Hartmanganerz mit relativ hohem Co-, Cu- und Ni-Gehalt und Florencit-(Ce,La,Nd) wären wirtschaftlich gesehen sehr interessant, kommen aber im Taunus nur in geringen Mengen vor, so dass ein Abbau nicht lohnend ist.

6 Literatur

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W. & Nichols, M,C.: Lithiophorite (PDF-Datei) (2001-2005). – In: Handbook of Mineralogy, Mineralogical Society of America (Mineral Data Publishing, vers. 1); Chantilly, USA.

Betechtin, A.G. (1968): Lehrbuch der speziellen Mineralogie, 4. Auflage. – 681 S.; Leipzig.

Bottke, H. & Kirnbauer, T. (2003): Gruben bei Ober-Rosbach/Taunus. – In: Simon, P. & Stoppel, D. (Hrsg.): Sammelwerk Deutsche Eisenerzlagerstätten II. Eisenerze im Deckgebirge (Postvaristikum) 4. Verdrängungs- u.Verwitterungslagerstätten in Nord-, West- und Süddeutschland. – Schriftenr. deutsch. geol. Ges., **16**: 35-39; Hannover.

BRANNATH, A. (1989): Mineralogische Untersuchungen an einigen Mangan-Eisenerzvorkommen im Raum Gießen. – Dipl.-Arbeit, Fak. Bio-Geowiss., Univ. Karlsruhe, 4 + 86 + 46 S.; Karlsruhe.

BRANNATH, A. & SMYKATZ-KLOSS, W. (1992): Mineralogische Untersuchungen an einigen hessischen Mangan-Eisenerzvorkommen. – Chem. Erde, **52**: 3-31; Jena.

FRENZEL, A. (1870): Lithiophorit, ein lithionhaltiges Manganerz. – Journal f. prakt. Chemie [2], **2**: 203-206; Leipzig/Heidelberg.

GEORG, R., HAUS, R. & POREZAG, K. (1985): Eisenerzbergbau in Hessen, Historische Fotodokumente mit Erläuterungen 1870 - 1983. – 480 S.; Wetzlar.

GREIM, G. (1894): Die Mineralien des Grossherzogtums Hessen. – VIII + 60 S.; Gießen [Reprint Verlag Dieter W. Berger, Bad Vilbel, 1994].

HUNDT, G. (1933): Verzeichnis der im Volksstaat Hessen vorkommenden Mineralien und ihrer Fundorte. – Handbuch d. Hess. Bodenschätze, **2**: 47 S.; Darmstadt.

HUNDT, G. (1938): Hessische Erzvorkommen, II: Eisenerze, Manganerze und Bauxit. – Handbuch d. Hess. Bodenschätze, **4**: 21-48; Darmstadt.

JAKOBUS, R. (1993): Untersuchungen zur Genese und Ausbildung der postvaristischen Quarz- und Buntmetallerz-Gänge des Osttaunus, Dissertation (Uni-Frankfurt). – 180 S.; Frankfurt/M.

KIRNBAUER, T. (Hrsg.) (1998a): Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **Sb. 1**: 328 S.; Wiesbaden.

KIRNBAUER, T.)1998b): 2.4.1 Pseudomorphosen- und Kappenquarzgänge. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **Sb. 1**: 176-184; Wiesbaden.

KIRNBAUER, T. (1998c): 2.4.6 Eisenmanganerze des Typs „Lindener Mark" und Eisenerze des Typs „Hunsrückerze". – Jb. nass. Ver. Naturkde., **Sb. 1**: 209-216; Wiesbaden.

KIRNBAUER, T.: Grube Schottenbach (2003). – In: SIMON, P. & STOPPEL, D. (Hrsg.): Sammelwerk Deutsche Eisenerzlagerstätten II. Eisenerze im Deckgebirge (Postvaristikum) 4. Verdrängungs- u. Verwitterungslagerstätten in Nord-, West- und Süddeutschland. – Schriftenr. deutsch. geol. Ges., **16**: 49-56; Hannover.

KIRNBAUER, T. & WENZEL, M. (1994): Ehemaliger Bergbau auf Eisen- und Manganerze bei Oberursel. – Jb. Hochtaunuskreis, **2**: 113-120; Bad Homburg.

KLOCKMANN, F. (1978): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie (überarbeitet und erweitert von P. Ramdohr und H. Strunz), 16. Auflage. – 876 S.; Stuttgart.

KURZ, H. (1999): Ein weiteres Vorkommen von Lithiophorit aus dem Taunus. – Der Aufschluß, **50**: 156; Heidelberg.

LORENZ, J. (2010): Spessartsteine. – Mitt. Naturwiss. Mus. Aschaffenburg, **25** (**Sb.**): 912 S.; Aschaffenburg.

MÖHN, G. & WEISS, S. (1996): Florencit-(Ce) und Lithiophorit aus dem Taunus. – Lapis, **21**: 38-39, 50; München.

Oberbergamt Bonn (1893): Beschreibung der Bergreviere Wiesbaden und Diez (Königl. Oberbergamt z. Bonn). – 254 S.; Bonn.

PERROUD, P. (2009): Lithiophorite. – In: Athena Mineralogy Data Base (online-Datenbank).

POST, J.E. & APPLEMAN D.E. (1994): Crystal structure refinement of lithiophorite. – American Mineralogist, **79**: 370-374; Washington, USA.

SLOTTA, R. (1986): Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland, 5. Der Eisenerzbergbau, Teil I. – 627-1114.; Bochum.

STERRMANN, G.(1998): Die Quarzgänge von Usingen und Grävenwiesbach und der Quarzgang "Hirschsteinslai". – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **M 10**: 10 S.; Bad Homburg.

STERRMANN,G. (1999): Die Quarzgänge von Vockenhausen - Dachsbau und Dattenberg. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **M 11**: 5 S.; Bad Homburg.

STERRMANN, G. (2006): Die Pseudomorphosen- und Kappenquarzgänge des Taunus. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **M 4b**: 9 S.; Bad Homburg.

STERRMANN, G. & HEIDELBERGER, K. (2009): Die Geologie des Hochtaunuskreises. – 56 S.; Oberursel (Arbeitsgemeinschaft Geologie/Mineralogie im Verein f. Geschichte u. Heimatkunde Oberursel e. V.).

STRUNZ, H. (1978): Mineralogische Tabellen, 7. Auflage. – 621 S.; Leipzig.

STRUNZ, H. & NICKEL, E.H. (2001): Strunz Mineralogical Tables. – 9th. edition, 870 S.; Stuttgart.

WEINER, K.L. & HOCHLEITNER, R. (1989): Steckbrief Romanechit/Psilomelan. – Lapis, **14**: 1/89, 6-9; München.

WENCKENBACH, Fr. (1879): Übersicht über die in Nassau aufgefundenen einfachen Mineralien. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **31/32**: 147-219; Wiesbaden.

WERNER, P. (1973): Der Taunus und seine Mineralien. – Der Aufschluß, **24**: 413-422; Heidelberg.

Günter Sterrmann
Dillstraße 13
61440 Oberursel
Tel.: 06171/24445
e-Mail: g.sterrmann@t-online.de

Manuskripteingang: 14. Juli 2011